饲粮赖氨酸水平对产蛋高峰期临武鸭生产性能、蛋品质、血清生化指标及氮代谢的影响[1]

黄 璇 李 闯 张 旭 何 平 蒋桂韬 王向荣 戴求仲*

（湖南省畜牧兽医研究所，动物营养与饲养技术研究室，长沙 410131）

摘 要：本试验旨在研究饲粮赖氨酸水平对产蛋高峰期（30~38周龄）临武鸭生产性能、蛋品质、血清生化指标及氮代谢的影响，以确定产蛋高峰期临武鸭赖氨酸需要量。试验选取体重相近、健康状况良好、产蛋率无显著差异（P>0.05）的临武鸭200羽，随机分为5组，每组5个重复，每个重复8只鸭。饲粮中赖氨酸水平分别为0.65%、0.75%、0.85%、0.95%、1.05%，试验期63 d。在饲养试验结束后，每组挑选出10只体重接近各组平均体重的试验鸭进行代谢试验。结果显示：1）0.95%和1.05%赖氨酸组日产蛋重显著高于0.65%和0.75%赖氨酸组（P<0.05），而0.95%和1.05%赖氨酸组料蛋比显著低于0.65%和0.75%赖氨酸组（P<0.05）。2）饲粮赖氨酸水平对蛋品质无显著影响（P>0.05）。3）0.85%、0.95%和1.05%赖氨酸组血清总蛋白含量显著高于0.65%赖氨酸组（P<0.05）。0.95%赖氨酸组血清中三碘甲腺原氨酸含量显著高于0.65%、0.75%和1.05%赖氨酸组（P<0.05）。4）0.95%赖氨酸组净蛋白质利用率和氮沉积量显著或极显著高于0.65%赖氨酸组（P<0.05或P<0.01）。5）二次曲线分析表明，以总蛋白、净蛋白质利用率和氮沉积为评价指标，产蛋高峰期临武鸭饲粮中赖氨酸需要量分别为0.92%、0.96%和0.95%。由此可见，30~38周龄临武鸭的日产蛋重、料蛋比、总蛋白、净蛋白质利用率和氮沉积对于饲粮中赖氨酸水平的变化较为敏感，而获得较佳的生产性能、血清生化指标和氮平衡的适宜赖氨酸水平为0.92%~0.96%。

关键词：赖氨酸；蛋鸭；生产性能；氮代谢

中图分类号：S834

收稿日期：2015-08-30
基金项目：现代农业产业技术体系建设专项资金（CARS-43-39）
作者简介：黄 璇（1986-），女，湖南浏阳人，硕士，从事家禽营养与饲料科学研究。E-mail：409097385@qq.com
*通信作者：戴求仲，研究员，博士生导师，E-mail： daiqiuzhong@gmail.com

家禽对蛋白质的利用效率取决于饲粮中氨基酸含量、组成以及可利用率等[1]。赖氨酸作为家禽饲粮中第二限制性氨基酸，主要用于蛋白质合成，因此又被称之为“生长性氨基酸”。饲粮中赖氨酸的含量不仅反映蛋白质的品质而且对改善家禽的生产性能和提高饲料转化效率均有较大影响[2-4]。由于前人研究选用的品种、生产阶段、饲粮类型及营养水平等不尽相同，因此目前获得的蛋鸭赖氨酸营养需要量的结果存在较大差异。有研究表明产蛋期蛋鸭适宜的赖氨酸水平在 0.80%~0.95%之间[3-5]，而中国肉鸭饲养标准（2012）给出北京鸭产蛋前、中、后期赖氨酸需要量分别为 0.80%、0.95%、1.00%；番鸭产蛋期赖氨酸推荐量为 0.80%；肉蛋兼用型鸭产蛋前、中、后期赖氨酸需要量分别为 0.80%、0.85%、0.85%。临武鸭是我国著名的肉蛋兼用型地方麻鸭品种，为了充分发挥其生产性能，提高饲料利用率，有必要对其不同生产阶段的赖氨酸需要量进行研究。因此，本试验以 30~38 周龄临武鸭为试验动物，旨在研究赖氨酸的不同添加量对蛋鸭生产性能、蛋品质、血清生化指标及氮代谢的影响，为临武鸭饲养标准制订提供理论依据和数据支持。

1　材料与方法

1.1　试验设计与试验饲粮

选取健康状况良好、体重相近、正处于产蛋高峰期的 29 周龄临武鸭 200 羽，随机分成 5 组，每组 5 个重复，每个重复 8 羽，进行为期 63 d 的饲养试验，其中预试期 7 d，正试期 56 d。基础饲粮参照 NRC（1994）和中国肉鸭饲养标准（2012），并结合本研究室已确定的临武鸭其他营养素需要量参数配制，采用玉米-豆粕型基础饲粮，饲粮中赖氨酸水平分别为 0.65%、0.75%、0.85%、0.95%、1.05%，各试验饲粮其他营养水平基本一致，赖氨酸水平通过添加合成 *L*-赖氨酸盐酸盐（纯度≥78.5%）调整，各组饲粮均制成颗粒料。30~38 周龄临武鸭试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	饲粮赖氨酸水平 Dietary Lys level/%				
	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05
原料 Ingredients					
玉米 Corn	50.32	50.32	50.88	51.50	52.00
大米蛋白粉 Rice protein powder	7.70	7.58	7.40	7.30	7.00
豆粕 Soybean meal	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
菜籽粕 Rapeseed meal	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
次粉 Wheat middling	13.50	13.50	13.00	12.35	12.02
石粉 Limestone	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
DL-蛋氨酸 *DL*-Met (98.5%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys • HCl (78.5%)		0.12	0.24	0.37	0.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
代谢能 ME/(MJ/kg)	10.89	10.89	10.89	10.89	10.89
粗蛋白质 CP	17.96	17.95	18.01	18.03	17.98
钙 Ca	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
总磷 TP	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65

有效磷 AP	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
赖氨酸 Lys	0.66	0.75	0.84	0.96	1.03
蛋氨酸 Met	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 5 000 IU，VB_1 2 mg，VB_2 15 mg，VB_6 4 mg，VB_{12} 0.02 mg，VD_3 800 IU，VE 20 IU，VK_3 0.5 mg，生物素 biotin 0.2 mg，叶酸 folic acid 0.6mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 60 mg，烟酸 nicotinic acid 60 mg，胆碱 choline 1500 mg，抗氧化剂 antioxidant 100 mg，Cu (as copper sulfate) 8 mg，Fe (as ferrous sulfate) 80 mg，Mn (as manganese sulfate) 50 mg，Zn (as zinc sulfate) 60 mg，I (as potassium iodide) 0.40 mg，Se (as sodium selenite) 0.20 mg。

[2)]粗蛋白质和赖氨酸为实测值，其他营养水平为计算值。CP and Lys were measured values, while the other nutrient levels were calculated values.

1.2 饲养管理

饲养试验在湖南省畜牧兽医研究所水禽试验鸭场进行，采用封闭式鸭舍双层金属笼立体笼养，试验蛋鸭单笼饲养。试验全期自由采食和饮水（计量不限量），按常规方法进行饲养管理与免疫。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生产性能

试验期间每天按重复记录产蛋总数、总蛋重、采食量、不合格蛋数（包括软壳蛋、破壳蛋、畸形蛋、沙壳蛋）和死淘数，以组为单位统计平均蛋重、日产蛋重、产蛋率、合格蛋率、死淘率、平均日采食量和料蛋比。

1.3.2 蛋品质

每月每组抽取接近平均蛋重的鸭蛋 15 枚（每重复 3 枚），4 ℃保存，在 24 h 之内测定

蛋黄比率、蛋白比率、蛋壳厚度（蛋壳厚度测定仪）、蛋形指数（游标卡尺测量）、蛋黄颜色（蛋黄比色卡）及蛋白高度（蛋白高度测定仪），并计算哈氏单位，计算公式为哈氏单位 =100×log（H-1.7$W^{0.37}$+7.57），其中 H 为蛋白高度（mm），W 为蛋重（g）。

1.3.3 血清生化指标

在试验结束当天，每个重复随机选取体重相近的试验鸭2只，空腹12 h后，翅下静脉采血5 mL，静置30 min后，3 000 r/min离心15 min，分离血清，-20 ℃下保存。使用全自动生化分析仪（URIT-8000，优利特，美国）检测血清中总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、尿素氮（UN）和尿酸（UA）的含量，并使用GC-300型γ-放免仪采用放射免疫法测定生长激素（GH）、皮质醇、三碘甲腺原氨酸（T_3）、甲状腺素（T_4）含量，并计算T_3/T_4。

1.3.4 氮代谢指标

在饲养试验结束后，从每个重复按平均体重抽取2只试验鸭，饲养于代谢笼中，并饲喂相应试验饲粮，自由饮水和采食。预饲喂3 d后，正试期分别记录每只试验鸭每天的采食量并收集每只鸭全天的排泄物。最后将混于粪中的皮屑、羽毛等杂物取出，用10%盐酸固氮，混匀后在65 ℃烘箱中烘干，自然状态下回潮24 h后准确称重，用小型万能粉碎机将粪样粉碎，待测。氮含量参照《饲料分析及饲料质量检测技术》[6]进行测定并按下列公式来计算净蛋白质利用率和氮沉积。

净蛋白质利用率（%）=（沉积氮/食入氮）×100；

氮沉积量=食入氮—（粪氮+尿氮）。

1.4 数据处理

采用SPSS 18.0软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA）和回归分析，结果用“平均数±标准差”（mean±SD）表示，统计显著水平为P<0.05，极显著水平为P<0.01，差异显著者再进行Duncan氏法多重比较。最后对相关敏感指标用线性和二次曲线模型进行回归分析，

以确定产蛋高峰期临武鸭赖氨酸的需要量。

2 结果与分析

2.1 饲粮赖氨酸水平对蛋鸭生产性能的影响

由表 2 可知，饲粮赖氨酸水平对平均日采食量、产蛋率、平均蛋重和合格蛋率均无显著影响（P>0.05）。0.95%和 1.05%赖氨酸组日产蛋重显著高于 0.65%和 0.75%赖氨酸组（P<0.05），而 0.95%和 1.05%赖氨酸组料蛋比显著低于 0.65%和 0.75%赖氨酸组（P<0.05）。

表2 饲粮赖氨酸水平对蛋鸭生产性能的影响

Table 2 Effects of dietary Lys level on performance of laying ducks

项目 Items	饲粮赖氨酸水平 Dietary Lys level/%					P 值 P-value		
	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05	组间 Groups	线性 Linear	二次曲线 Quadratic
平均日采食量 ADFI/g	146.84±2.51	147.20±1.13	146.50±1.32	146.53±1.85	146.61±1.38	0.962	0.641	0.954
产蛋率 Laying rate/%	80.32±1.27	79.89±1.26	81.03±0.44	80.86±1.59	81.10±1.53	0.682	0.21	0.688
平均蛋重 Average egg weight/(g/个)	65.97±0.68	66.08±0.83	66.13±0.57	66.93±0.59	66.69±0.73	0.193	0.062	0.778
日产蛋重 Daily egg weight/g	52.98±0.37[b]	52.79±0.59[b]	53.59±0.69[ab]	54.11±0.68[a]	54.07±0.59[a]	0.006	0.032	0.071
合格蛋率 Qualified rate of egg/%	97.97±0.45	97.88±1.17	98.72±0.52	98.30±0.65	98.46±0.55	0.599	0.198	0.826
料蛋比 Feed/egg	2.77±0.03[a]	2.79±0.05[a]	2.73±0.06[ab]	2.70±0.03[b]	2.71±0.04[b]	0.023	0.041	0.085

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），不同大写字母表示差异极显著（P<0.01），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), and with different capital letter superscripts mean significant difference (P<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2 饲粮赖氨酸水平对蛋鸭蛋品质的影响

由表3可知，饲粮赖氨酸水平对蛋鸭蛋品质无显著影响（P>0.05）。

表3 饲粮赖氨酸水平对蛋鸭蛋品质的影响

Table 3 Effects of dietary Lys level on egg quality of laying ducks

项目 Items	饲粮赖氨酸水平 Dietary Lys level/%					*P* 值 *P*-value
	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05	
蛋形指数 Egg shape index	1.30±0.07	1.29±0.05	1.30±0.06	1.32±0.07	1.32±0.05	0.785
蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.40±0.01	0.41±0.02	0.42±0.01	0.42±0.01	0.40±0.02	0.861
蛋白高度 Albumen height/mm	7.58±0.79	7.64±0.53	7.72±0.53	7.90±0.79	7.92±0.45	0.087
哈氏单位 Haugh unit	83.80±5.37	84.59±3.18	84.54±4.20	85.34±4.47	85.79±3.07	0.079
蛋黄色泽 Yolk color	5.33±0.55	4.90±0.27	5.13±0.63	5.30±0.67	5.10±0.65	0.149
蛋黄比例 Yolk ratio/%	32.63±0.92	32.48±0.99	32.79±1.06	32.03±0.94	31.68±1.78	0.627
蛋白比例 Protein ratio/%	56.27±3.12	56.45±3.13	56.71±2.76	57.56±4.18	57.86±2.14	0.116

2.3 饲粮赖氨酸水平对蛋鸭血清生化指标的影响

由表4可知，饲粮中赖氨酸水平对蛋鸭血清中白蛋白、尿酸、尿素氮、皮质醇、生长激素、T_4含量及T_3/T_4均无显著影响（P>0.05）。0.85%、0.95%和1.05%赖氨酸组的总蛋白含量显著高于0.65%赖氨酸组（P<0.05）。随赖氨酸添加量的增加，血清中尿素氮含量呈下降趋势（P>0.05）。0.95%赖氨酸组血清中T_3含量显著高于0.65%、0.75%和1.05%赖氨酸组（P<0.05）。

表4 饲粮赖氨酸水平对蛋鸭血清生化指标的影响

Table 4 Effects of dietary Lys level on serum biochemical indices of laying ducks

项目 Items	饲粮赖氨酸水平 Dietary Lys level/%					*P*值 *P*-value		
	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05	组间 Groups	线性 Linear	二次曲线 Quadratic
总蛋白 TP/(g/L)	41.20 ±4.97[b]	49.80 ±4.71[ab]	50.8 ±8.04[a]	52.80 ±4.87[a]	51.00 ±9.03[a]	0.025	0.085	0.002
白蛋白 ALB/(g/L)	15.90 ±3.51	16.00 ±2.55	15.75 ±1.26	17.40 ±4.04	18.8 0±2.59	0.316	0.096	0.580
尿酸 UA/(μmol/L)	425.20	373.20	351.75	368.00	403.60	0.335	0.238	0.362

	±157.17	±82.52	±134.06	±117.46	±88.52			
尿素氮 UN(mmol/L)	1.02±0.13	1.00±0.34	0.93±0.21	0.87±0.10	0.86±0.27	0.687	0.170	0.768
皮质醇 Cor/(ng/mL)	22.51±6.72	21.77±8.29	21.82±8.10	18.11±7.32	18.92±4.33	0.853	0.325	0.657
生长激素 GH/(ng/mL)	0.86±0.26	0.91±0.32	0.92±0.11	0.92±0.39	0.98±0.27	0.972	0.531	0.678
三碘甲腺原氨酸 T_3/(ng/mL)	0.88±0.09^{b}	0.85±0.15^{b}	0.98±0.16^{ab}	1.05±0.12^{a}	0.87±0.15^{b}	0.015	0.329	0.103
甲状腺素 T_4/(ng/mL)	9.32±1.33	8.92±3.30	9.97±1.07	10.24±1.79	8.99±1.82	0.666	0.698	0.369
三碘甲腺原氨酸/甲状腺素 T_3/T_4	0.096±0.013	0.095±0.031	0.098±0.011	0.102±0.044	0.097±0.017	0.105	0.108	0.087

2.4 饲粮赖氨酸水平对蛋鸭氮代谢的影响

由表 6 可知，饲粮赖氨酸水平对食入氮无显著影响（$P>0.05$）。净蛋白质利用率以 0.95%赖氨酸组最高，且显著高于 0.65%赖氨酸组（$P<0.05$）。0.95%赖氨酸组氮沉积量极显著高于 0.65%赖氨酸组（$P<0.01$），显著高于 0.75%赖氨酸组（$P<0.05$），1.05%赖氨酸组氮沉积量显著高于 0.65%赖氨酸组（$P<0.05$）。

表5 饲粮赖氨酸水平对蛋鸭氮代谢的影响

Table 5 Effects of dietary Lys level on nitrogen metabolism of laying ducks

项目 Items	饲粮赖氨酸水平 Dietary Lys level/%					*P*值 *P*-value		
	0.65	0.75	0.85	0.95	1.05	组间 Groups	线性 Linear	二次曲线 Quadratic
食入氮 Nitrogen intake/(g/d)	4.22±0.07	4.23±0.12	4.21±0.05	4.23±0.11	4.22±0.08	0.788	0.667	0.687
氮沉积量 Nitrogen deposition/(g/d)	1.50±0.06^{Bc}	1.54±0.04^{ABbc}	1.57±0.03^{ABabc}	1.63±0.04^{Aa}	1.58±0.05^{ABab}	0.026	0.071	0.023
净蛋白质利用率 NPU/%	35.64±1.15^{a}	36.30±1.85^{ab}	37.46±1.37^{ab}	38.58±2.19^{b}	37.51±2.10^{ab}	0.008	0.119	0.007

2.5 产蛋高峰期临武鸭赖氨酸的需要量

由 *P* 值可知，平均日采食量、产蛋率、平均蛋重、合格蛋率、白蛋白、尿酸、尿素氮、皮质醇、生长激素、T_4、T_3/T_4 和蛋品质各指标并不随着饲粮中赖氨酸水平变化呈显著性变化（$P>0.05$），因此不对其进行回归分析。由于 T_3 含量与饲粮中赖氨酸水平不存在线性和二

次曲线变化趋势（P>0.05），因此不能建立合适的数学模型。由表 2 可知，日产蛋重和料蛋比与饲粮中赖氨酸水平均呈线性变化趋势（P=0.032，P=0.041）。表 6 回归分析表明，随饲粮中赖氨酸水平的提高，临武鸭血清中总蛋白含量、净蛋白质利用率和氮沉积量均表现出先升高后下降的二次曲线变化趋势，分别对其进行求导可得二次曲线对应的最高点的横坐标分别为 0.92%、0.96%和 0.95%，即用该模型估测饲粮中赖氨酸的水平分别为 0.92%、0.96%和 0.95%时，蛋鸭血清总蛋白含量、净蛋白质利用率和氮沉积量最高。

表 6　产蛋高峰期临武鸭赖氨酸的需要量

Table 6　The lysine requirement of *Linwu* laying ducks in peak laying period

项目 Items	回归公式 Regressive formulas	R^2	赖氨酸需要量 Lys requirement/%
日产蛋重 Daily egg yield/(g/d)	y=3.500x+50.533	0.828 1	
料蛋比 Feed/egg	y=-0.21x+2.9185	0.735 0	
总蛋白 TP/(g/L)	y=-141.43x^2+263.03x-69.444	0.951 7	0.92
净蛋白质利用率 NPU/%	y=-28.143x^2+54.303x+11.793	0.889 2	0.96
氮沉积量 Nitrogen deposition/(g/d)	y=-0.5714x^2+1.0914x+0.1386	0.912 1	0.95

3 讨　论

3.1 饲粮赖氨酸水平对蛋鸭生产性能和蛋品质的影响

大量研究表明，饲粮中添加适宜水平赖氨酸可以提高蛋鸡采食量、平均蛋重，并降低料蛋比[7-9]。本研究发现，饲粮中粗蛋白质水平为 18%而赖氨酸水平较低时，临武鸭日产蛋重较低而料蛋比较高，饲料转化率较低；随着赖氨酸水平的增加，日产蛋重升高而料蛋比下降，

改善了其饲料利用率，这与前人报道基本一致。饲粮中添加 0.95%赖氨酸，可获得除产蛋率和合格蛋率外的最佳生产性能，回归分析结果表明，日产蛋重和料蛋比与饲粮中赖氨酸水平均呈线性相关，因此判断 0.95%赖氨酸水平为产蛋高峰期临武鸭适宜添加量。主观判断值略高于中国肉鸭饲养标准（2012）产蛋期番鸭推荐量（0.80%）和产蛋期肉蛋兼用型鸭推荐量（0.85%），张巍等[10]对夏季 200 日龄高产蛋鸭的研究结果（0.825%）以及陈伟等[5]对产蛋高峰期龙岩麻鸭的研究结果（0.80%），而与 NRC(1994)产蛋中期北京鸭推荐量（0.95%）和林谦等[3]对 22~28 周龄临武鸭的研究结果（0.95%）基本一致。杨宁[11]认为蛋重主要受遗传因素、体重、营养水平、产蛋日龄等影响，而影响蛋重的营养因素主要包括能量、蛋白质和脂类等。本试验血清生化指标结果表明，0.85%、0.95%和 1.05%赖氨酸水平组血清中尿素氮含量较 0.65%、0.75%赖氨酸组低，说明提高饲粮中赖氨酸水平改善了氨基酸平衡，有利于提高蛋白质利用率，这可能是饲粮中赖氨酸 0.95%水平可提高日产蛋重，降低料蛋比的原因所在。

哈氏单位是衡量蛋白品质的重要指标，一般认为哈氏单位越大说明浓蛋白越黏稠，蛋品质越好，越有益于蛋的保鲜[12-13]。李海艳等[14]研究表明在低能量水平条件下，0.65%~0.85%赖氨酸水平对海兰褐壳蛋鸡蛋品质和蛋内营养物质无显著影响。陈伟等[5]报道赖氨酸对龙岩麻鸭蛋壳强度、哈氏单位、蛋白高度、蛋黄色泽均无显著影响。林谦等[3]研究表明饲粮赖氨酸水平对 22~28 周龄临武鸭鸭蛋的蛋壳厚度、蛋白高度、哈氏单位、蛋白比率和蛋黄比率均无显著影响，但 0.95%和 1.05%赖氨酸水平组有提高蛋白高度、哈氏单位和蛋黄比例的趋势。本试验结果显示，饲粮中赖氨酸水平对 30~38 周龄临武鸭蛋品质无显著影响，但 0.95%和 1.05%赖氨酸水平组有提高蛋白高度和蛋白比例的趋势，说明饲粮赖氨酸水平为 0.95%和 1.05%时，可增加蛋白质和氨基酸在鸭蛋中的沉积量，从而提高鸭蛋的蛋白品质，有益于蛋的保鲜。上述结果与本试验结果基本一致，但其机理有待进一步研究。甲状腺激素（T_3、T_4）

对糖的吸收和 DNA、蛋白质的合成均有促进作用，T_3 是发挥生理功能的主要激素[15]。本试验试验鸭血清中 T_3 含量的变化表明，0.95%赖氨酸组试验鸭机体代谢旺盛，糖、蛋白质和氨基酸的吸收以及在鸭蛋中的沉积效果较优。

3.2 饲粮赖氨酸水平对蛋鸭氮代谢的影响

净蛋白质利用率反映的是饲料蛋白质在机体内的沉积规律，能较好地反映粗蛋白质被动物利用及氨基酸平衡的情况[16]。崔萌萌等[17]研究发现，饲粮中赖氨酸水平为 0.70%即可显著提高生长獭兔的氮沉积和氮生物学效价，水平再增加则无显著效果。丁阳等[18]研究不同赖氨酸水平对新杨绿壳蛋鸡氮代谢的影响，发现 0.75%赖氨酸水平组沉积氮和氮的存留率显著高于 0.60%赖氨酸水平组。本试验中，净蛋白质利用率以 0.95%赖氨酸组最高，且显著高于 0.65%赖氨酸组。0.95%和 1.05%赖氨酸组氮沉积量极显著或显著高于 0.65%赖氨酸组。净蛋白质利用率和氮沉积与饲粮中赖氨酸水平均呈二次曲线变化趋势。这说明，在粗蛋白质水平为 18%的蛋鸭饲粮中，0.95%和 1.05%赖氨酸组的净蛋白质利用率和氮沉积量较为理想。结合生产性能和血清生化指标结果表明，在本试验条件下，0.95%赖氨酸水平的饲粮氨基酸平衡较优，蛋白质的合成和沉积因氨基酸平衡完善而增加，与林谦等[3]报道相符。

3.3 产蛋高峰期临武鸭赖氨酸需要量

评价氨基酸需要量的方法多种多样，传统营养学主要采用剂量反应法，即根据饲料中氨基酸水平与生产性能之间的直接关系，确定氨基酸的需要量[19]。但随着统计学知识和 SAS 软件的开发利用，越来越多的学者采用建立合适的数学模型估算出氨基酸需要量[20]。付国强等[21]综合考虑产蛋量、产蛋率和净利润确定京红 I 号蛋种鸡饲粮适宜赖氨酸水平为 0.95%。叶慧等[22]以生长性能为评价指标，得出康贝尔麻鸭 1~3 周龄、4~6 周龄和 7~9 周龄适宜赖氨酸水平分别是 1.01%、0.87%和 0.72%。张婷等[23]以日增重、料重比和胸肌重为敏感指标，依据二次曲线模型，确定北京鸭生长前期赖氨酸需要量分别为 1.06%、1.07%和

1.12%。以上研究结果因研究方法、饲粮营养水平、环境因素、敏感指标和试验动物等的差异，使得家禽赖氨酸需要量不同。本试验运用剂量反应法得出以对饲粮赖氨酸水平变化较为敏感的日产蛋重、料蛋比、总蛋白、净蛋白质利用率和氮沉积为评价指标，并综合数学模型的推导结果，得出 30~38 周龄临武鸭适宜赖氨酸水平为 0.92%~0.96%。

4 结 论

饲粮赖氨酸水平为 0.95%和 1.05%时可显著提高试验鸭日产蛋重和氮利用率，降低料蛋比。在本试验条件下，30~38 周龄临武鸭获得较佳的生产性能和氮代谢的适宜赖氨酸水平为 0.92%~0.96%。

参考文献：

[1] NARVAEZ-SOLARTE W,ROSTAGNO H S,SOARES P R,et al.Nutritional requirements in methionine + cystine for white-egg laying hens during the first cycle of production[J].International Journal of Poultry Science,2005,4(12):965–968.

[2] 易学武.现行断奶仔猪赖氨酸需要量的比较和分析[J].动物营养学报,2015,27(2):334–341.

[3] 林谦,张旭,蒋桂韬,等.饲粮赖氨酸水平对 22~28 周龄临武鸭生产性能、蛋品质及血清生化和激素指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(8):2101–2109.

[4] 王旭.骡鸭(四川番鸭♂×花边鸭♀)赖氨酸需要量及理想氨基酸模式的研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2012.

[5] 陈伟,王爽,张罕星,等.日粮赖氨酸水平对蛋鸭产蛋高峰期产蛋性能及血浆激素变化影响[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第十一次全国动物营养学术研讨会论文集.长沙:中国畜牧兽医学会动物营养学分会,2012.

[6] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007:52–60.

[7] GUNAWARDANA P,ROLAND D A,BRYANT M M.Performance comparison and lysine

requirements of seven commercial brown egg layer strains during phase one[J].International Journal Poultry Science,2008,7(8):806–812.

[8] 齐广海,岳洪源,武书庚,等.蛋鸡氨基酸营养的研究进展[J].动物营养学报,2014,26(10):3108–3113.

[9] GUNAWARDANA P,ROLAND D A,BRYANT M M.Performance comparison and lysine requirements of seven commercial brown egg layer strains during phase two[J].International Journal of Poultry Science,2008,7(12):1156–1162.

[10] 张巍,李绍章,黄少文,等.夏季蛋鸭产蛋高峰期蛋白质、氨基酸适宜水平的研究[J].饲料工业,2009,30(8):31–33.

[11] 杨宁.家禽生产学[M].北京:中国农业出版社,2002:128–129.

[12] 黄璇,李闯,何平,等.临武鸭产蛋高峰期蛋氨酸需要量的研究[J].动物营养学报,2015,27(4):1110–1116.

[13] 曲亮,徐小林,王克华,等.辣椒粉对苏禽绿壳蛋鸡产蛋性能、蛋品质、血清脂质和蛋黄胆固醇含量的影响[J].动物营养学报,2014,26(5):1340–1346.

[14] 李海艳.低能量水平下产蛋鸡赖氨酸适宜需要量研究[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2011.

[15] 武江利.维生素 E 对育成鸭生产性能及机体生化指标的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2009.

[16] 王宝维,张乐乐,姜晓霞,等.葡萄籽粕对鹅营养价值的评定[J].动物营养学报,2010,22(2):466–473.

[17] 崔萌萌,李福昌,王雪鹏,等.饲粮赖氨酸水平对生长獭兔生长性能、氮代谢及血清免疫和生化指标的影响[J].动物营养学报,2012,24(3):472–478.

[18] 丁阳,贺强,袁超,等.31~ 43 周龄新杨绿壳蛋鸡赖氨酸需要量的研究[J].动物营养学报,2015,27(7):2215–2223.

[19] 王勇生,侯水生.鸭氨基酸需要量的研究[J].畜禽业,2002(11):22–24.

[20] 李龙,蒋守群,郑春田,等.1~ 21 日龄黄羽肉鸡饲粮铜营养需要量的研究[J].动物营养学报,2015,27(2):578–587.

[21] 付国强,计成,马秋刚,等.日粮蛋氨酸和赖氨酸水平对产蛋高峰期京红蛋种鸡生产和繁殖性能的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(1):31–35.

[22] 叶慧,邬爱姬,邓远帆,等.康贝尔麻鸭赖氨酸需要量的研究[J].中国家禽,2013,35(8):20–24.

[23] 张婷,侯水生,黄苇,等.生长前期北京鸭赖氨酸需要量的研究[J].中国饲料,2008(19):13–15.

Effects of Dietary Lysine Level on Performance, Egg Quality, Serum Biochemical Indices and Nitrogen Metabolism of *Linwu* Ducks in Peak Laying Period

HUANG Xuan LI Chuang ZHANG Xu HE Ping JIANG Guitao WANG Xiangrong DAI Qiuzhong*i

(*Department of Animal Nutrition and Feeding Technology, Hunan Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Changsha* 410131, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary lysine (Lys) level on performances, egg quality, serum biochemical indices and nitrogen metabolism of *Linwu* ducks in peak laying period (30 to 38 weeks of aged), and to evaluate Lys requirement of *Linwu* ducks during the peak laying period. A total of 200 healthy *Linwu* ducks with nearly same body weight and laying rate （P>0.05） were randomly assigned to 5 groups with 5 replicates in each group and 8 ducks in each replicate, and fed basal diets supplemented with 0.65%, 0.75%, 0.85%, 0.95%,

1.05% Lys for 63 days, respectively. Ten ducks per group were picked up on the basis of individual weight immediate to the average weight of every group at the end of the feeding experiment, and the ducks were used in metabolism experiment. The results showed as followed: 1） The daily egg weight in 0.95% and 1.05% Lys groups was significantly higher than that in 0.65% and 0.75% Lys groups ($P<0.05$), but the feed/egg in 0.95% and 1.05% Lys groups was significantly lower than that in 0.65% and 0.75% Lys groups ($P<0.05$). 2) Dietary Lys level had no significant effects on egg quality of laying ducks ($P>0.05$). 3) The serum total protein content in 0.85%, 0.95%, 1.05% Lys groups was significantly higher than that in 0.65% Lys group ($P<0.05$). The serum triiodothyronine content in 0.95% Lys group was significantly higher than that in 0.65%, 0.75% and 1.05% Lys groups ($P<0.05$). 4) Compared with 0.65% Lys group，the net protein utilization (NPU) and nitrogen deposition in 0.95% Lys groups were significantly improved ($P<0.05$ or $P<0.01$). 5) According to the quadratic regression analysis based on total protein, NPU and nitrogen deposition, the optimal dietary Lys levels for *Linwu* ducks were 0.92%, 0.96% and 0.95%, respectively. In conclusion, the daily egg weight, feed/egg, total protein, NPU and nitrogen deposition of *Linwu* ducks aged from 30 to 38 weeks are more sensitive to changes of dietary Lys level. The optimal dietary levels in diet of Lys for *Linwu* ducks is 0.92% to 0.96%, that can obtain the best performance, serum biochemical indices and nitrogen metabolism.

Key words: lysine; laying ducks; performances; nitrogen metabolism

---

*Corresponding author, professor, E-mail: daiqiuzhong@gmail.com (责任编辑　武海龙)